

УДК 553.411(571.53)

## МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РУД И ГЕНЕЗИС ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРТОВО КОРЫТО (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ)

Е.А. Вагина

Томский политехнический университет

E-mail: VEA1986@mail.ru

Изучены минеральные комплексы и условия формирования золоторудного месторождения Чертово Корыто (Северное Забайкалье). Установлено, что руды сложены пятью минеральными комплексами. Ранние комплексы (первый и второй) формируются в температурном интервале  $>400\text{--}360\text{ }^{\circ}\text{C}$  из слабосоленых растворов (6...15 мас. экв. % NaCl) натриевой специализации в интервале давлений 150...300 МПа. Продуктивные комплексы (третий, четвертый) образованы при активном участии углекислоты, метана и отчасти азота в интервале температур  $350\text{--}180\text{ }^{\circ}\text{C}$  из водно-солевых растворов, содержащих (Na, Mg) с соленостью до 12,5...21 мас. экв. % NaCl. Давление в системе изменяется в пределах 60...200 МПа. Пятый комплекс кристаллизовался из слабосоленых растворов (5...8 мас. экв. % NaCl) натриевой специализации при температурах не более  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  в интервале давлений 40...50 МПа. Полученные результаты сопоставлены с данными по Ирокиндинскому и Берикуйскому месторождениям, локализованным в кристаллическом субстрате и с Сухоложским месторождением, залегающим в черносланцевой толще. Сделан вывод о вещественно-генетической однородности золоторудных месторождений обеих совокупностей.

### Ключевые слова:

Черносланцевая толща, месторождение Чертово Корыто, минеральные комплексы руд, флюидные включения, физико-химические и термодинамические режимы рудообразования.

### Key words:

Black-shales, Chertovo Koryto deposit, mineral complexes, fluid inclusions, physical and chemical and thermodynamic modes mineralization.

### Введение

Месторождение Чертово Корыто (Северное Забайкалье) относится к сланцевому типу. Известно, что такого рода объекты (Сухой Лог, Мурунтау, Наталкинское и др.) рассматриваются в противопоставлении с мезотермальными месторождениями, локализованными в кристаллическом субстрате (Ирокиндинское, Берикуйское и др.) [1, 2], хотя по вещественному составу руд, последовательности минералообразования, физико-химическим и термодинамическим условиям обе совокупности месторождений обладают генетической однородностью [3]. Тем не менее, целесообразно накопление данных по новым объектам, подтверждающих или опровергающих это суждение.

В статье приведены результаты минералогических, петрографических, минераграфических и термобарогеохимических исследований руд нового золоторудного месторождения Чертово Корыто.

### Геологическое строение месторождения

Месторождение входит в состав Артемьевского золоторудного поля Кевактинского рудного узла, расположенного на севере Патомского нагорья в бассейне р. Большой Патом в 100 км к северу от крупного месторождения Сухой Лог.

Рудная залежь локализована в углеродистых сланцах михайловской свиты раннепротерозойского возраста мощностью 1200 м, которая сложена гидротермально измененными сланцами и метасоматитами березит-пропилитовой формации. Залежь приурочена к висячему боку складчато-разломной зоны северо-северо-западного простирания ( $350^{\circ}$ ) (рис. 1), в которой крутопадающий ( $60^{\circ}$ ) на запад-юго-запад взброс оперяет Амандракский

глубинный разлом. Сульфидная минерализация сосредоточена в гидротермально-измененных породах и метасоматитах. Преобладают пирит, арсениопирит, пирротин, в качестве незначительной примеси в сульфидно-кварцевых комплексах участвуют галенит, сфалерит, халькопирит, микропримеси кобальтина, самородного свинца, ульманита, теллурувисмутита. В кварцевых жилах и прожилках сульфиды встречаются эпизодически. Преобладает свободное золото в кварце. В рудном теле описаны пластовые и субпластовые тела диоритов, диоритовых порфириров и метадолеритов, мощностью от 0,2 до 15 м [4, 5].

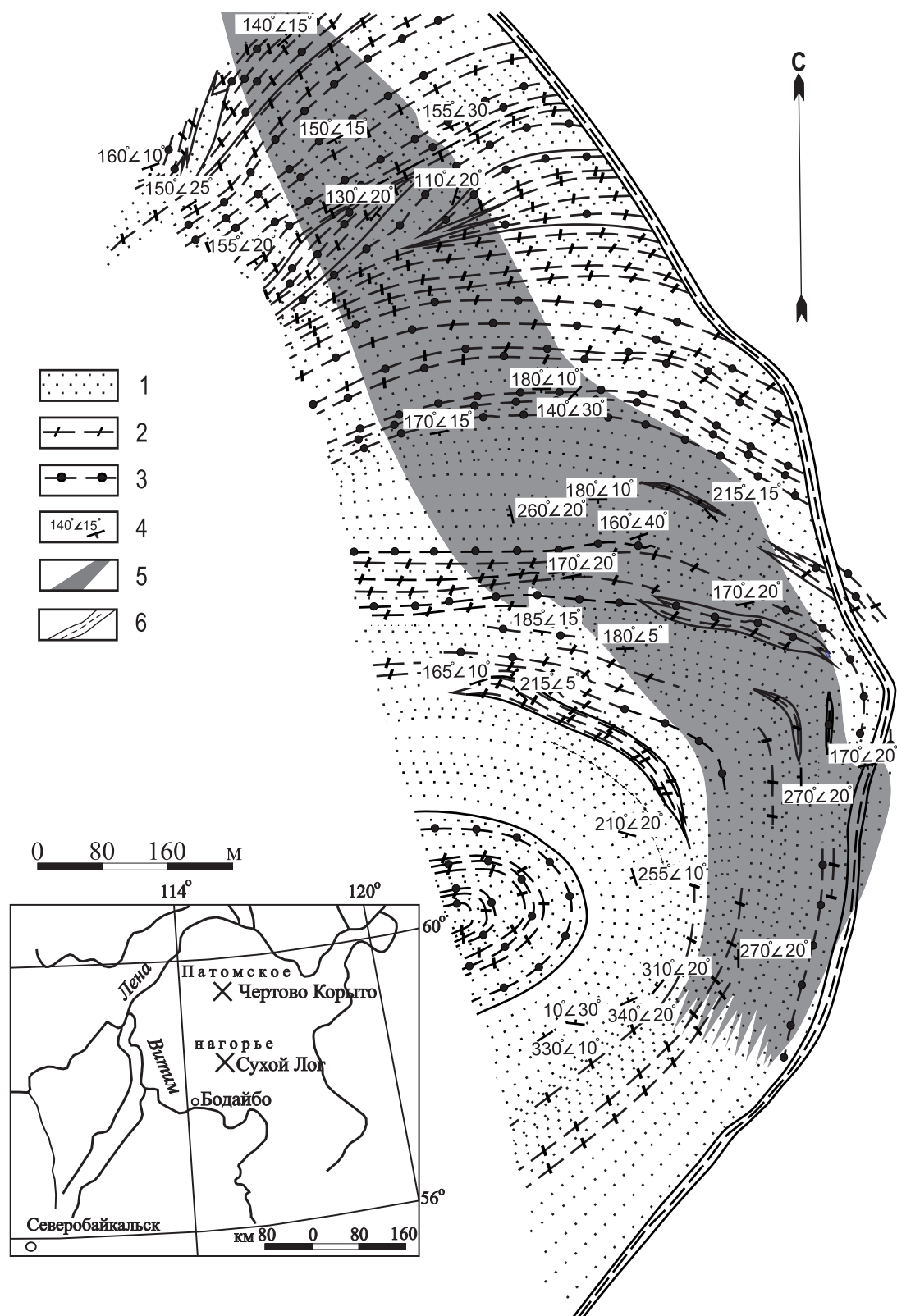
### Методика исследования

Диагностика минералов производилась с использованием оптических и рентгеноспектральных методов. Генерации сульфидов выделены на основании типоморфных свойств — кристалломорфологии, термоЭДС, микротвердости, отражательной способности, элементов примесей. Определение температуры, давления, состава жидкой и газовой фаз рудообразующих флюидов производилось термобарогеохимическими методами, включающими микротермометрию, Раман-спектроскопию (КР-анализ) и газовую хроматографию.

На основании выявленных генераций сульфидов, их структурного взаимоотношения с другими минералами, термобарогеохимических данных выделены минеральные комплексы руд.

### Минеральные комплексы руд

Исследования показали, что руды месторождения сложены пятью минеральными комплексами (таблица).



**Рис. 1.** Схема геологического строения месторождения Чертово Кoryто: 1) слабо отсортированные серые до темно-серых, от тонко- до среднезернистых, неяснослойчатые грубослойчатые полевошпат-кварцевые песчаники, алевро-песчаники, углеродистые и безуглеродистые; 2) плохо отсортированные темно-серые разнозернистые, от мелко- до крупнозернистых тонкослойчатые до грубослойчатые полевошпат-кварцевые алевролиты, песчаные алевролиты, углеродистые и безуглеродистые; 3) аргиллиты серицитовые с незначительным (до 25 об. %) содержанием или отсутствием обломочной фракции песчаной и/или алевроитовой размерности, углеродистые и безуглеродистые; 4) азимут и угол падения слоев; 5) область сульфидной минерализации; 6) рудоконтролирующий разлом

Минералы раннего комплекса формируют крупнообъемный метасоматический ореол, залегающий в терригенных породах, ранее регионально метаморфизованных на уровне амфибол-турмалин-мусковит-биотитового парагенезиса, отвечающего эпидот-амфиболитовой фации. Комплекс участвует в составе углеродистой (*кварц I, ильменит, серицит, рутил, пирротин I, пирит I, анкерит I, альбит, эпидот, хлорит I, кероген*), хлоритовой (*кварц I, серицит, рутил, пирротин I, пирит I, анкерит I, альбит, эпидот, хлорит I*), альбитовой (*кварц I, серицит, рутил, апатит, пирротин I, пирит I, анкерит I, альбит*) и березитовой (*кварц I, серицит, рутил, апатит, анкерит*) зон метасоматического ореола.

Наиболее ранним и высокотемпературным новообразованным минералом является железисто-магнезиальный рипидолит (хлорит I), который замещает исходный биотит, образованный на этапе предшествующего регионального метаморфизма. Совместно с рутилом и лейкоксеном образован мелкочешуйчатый серицит, замещающий хлорит. Рутил и лейкоксен часто развиваются псевдоморфно по табличкам ильменита, образуя скелетные формы. Ильменит представлен изометричными зернами, ориентированными по сланцеватости, размером 0,02...0,05 мм. В тыловых зонах отмечается интенсивное замещение исходных полевых шпатов новообразованным альбитом. Эпидот встречается крайне редко и, как альбит, представляет собой продукт замещения известково-щелочных полевых шпатов. Метасоматический анкерит I в тыловых зонах образует метакристаллы в форме ромбоэдров, а в углеродистой зоне отмечается в виде небольших глазков и линзочек.

Наиболее ранним сульфидом является пирит I, встречающийся в углеродистой зоне в виде пылевидной вкрапленности или микропрожилков, ориентированных по сланцеватости. Ему свойственен дырочный тип проводимости [6] и среднее значение микротвердости — 15 кН [7]. Далее в углеродистой зоне образуется пирротин I в виде «штрихов» параллельных сланцеватости, по периферийной части которых часто развит халькопирит I.

Метасоматический кварц I мало — в основном он образует микролинзы с вкраплением сульфидов или пламенивидные формы вокруг последних. В кварце I встречены единичные включения, представленные существенно водными образованиями поздних наложенных растворов. По единичным псевдовторичным включениям зафиксирована температура гомогенизации, которая составила более 400 °С. Растворы, законсервированные во включениях, имеют невысокую соленость — 6...8 мас. экв. % NaCl. По многочисленным литературным данным [8], а также с привлечением хлорит-сульфидных геотермометров [9], предполагается давление изменяющееся в интервале 250...300 МПа.

Второй минеральный комплекс представлен кварцем II, хлоритом II, пиритом II, арсенопиритом

I, пирротином II, халькопиритом II, сфалеритом I и анкеритом II. В ходе формирования комплекса происходило неоднократное отложение кварца II, сопровождающееся дроблением, кристаллизацией и перекристаллизацией, что подтверждается наличием большого числа вторичных существенно водных флюидных включений, расположенных вдоль залеченных трещин. Сингенетичные включения встречаются редко и представлены углекислотно-водными образованиями. Соотношение углекислотной и водно-солевой фаз составляет 20:80. Концентрация солей изменяется в интервале 8...15 мас. экв. % NaCl. Температура эвтектики составляет —(28...23) °С, что соответствует натриевой специализации растворов. Включения гомогенизируются в жидкую фазу при температурах 420...365 °С. Параметр давления оценен по сингенетичным углекислотно-водным и существенно водным включениям и составляет 150...230 МПа.

Из сульфидов, наиболее ранним является пирит II, который развит в толще пород в виде цепочечных скоплений кристаллов размером от 0,02 до 1 см приуроченных к кварц-карбонатным прожилкам. Ему свойственен, как и пириту I, дырочный тип проводимости [6]. Микротвердость немного выше, чем у пирита I и составляет в среднем 15,8 кН [7]. В виде механической примеси установлено самородное золото I. Его содержание изменяется в пределах 1,1...4,8 г/т.

Арсенопирит I развит в углеродистой зоне метасоматического ореола в виде метакристаллов короткопризматической, реже удлиненно-призматической формы. В минерале обнаружена изоморфная примесь Co и Ni, наличие которой обуславливает электронный тип проводимости [6]. Микротвердость минерала изменяется в интервале 10,6...12,7 кН [7]. С арсенопиритом I установлено самородное золото I, представленное механической примесью частиц размером от 0,08 до 0,5 мм. Его содержание изменяется в пределах 1,2...8,0 г/т (среднее 6,3 г/т). По данным рентгеноспектрального анализа золото I содержит Ag и является наиболее высокопробным (886,5...922,9 ‰). Вокруг арсенопирита развиты пламенивидные выделения хлорита II, по составу попадающего, как и хлорит I, в область рипидолита, но отличающегося повышенным содержанием Mg.

Пирротин II представлен плотными гнездовыми скоплениями в кварц-карбонатных прожилках и является более поздним минералом по отношению к пириту II и арсенопириту I, так как цементирует их. С пирротинном II в ассоциации отмечается сфалерит I и халькопирит II, развивающиеся по периферийной части зернистых агрегатов пирротина II без признаков коррозии, что отражает близкое время их кристаллизации. Из редких минералов в ассоциации с пирротинном II обнаружен ульманит (NiSbS). Самым поздним минералом является анкерит II, кристаллизующийся в пустотах в виде ромбовидных кристаллов.

Продукты третьего минерального комплекса локализованы в центральной части рудного тела в относительно мощных кварц-карбонатных жилах и представлены кварцем III, хлоритом III, пиритом III, арсенопиритом II, золотом II и карбонатом III.

Кварц III, слагающий жилы, имеет не одно зарождение, что отражено в различных цветовых и морфологических характеристиках. Наиболее ранним был серый кварц III<sub>а</sub>, имеющий крупнокристаллическое строение с блочным типом погасания. Для него характерно наличие большого количества флюидных включений первичного и вторичного генезиса. Сингенетичные включения представлены углекислотно-водными и существенно газовыми образованиями. Углекислотно-водные включения являются двухфазовыми (водно-солевой раствор + жидкая углекислота). Соотношение углекислотной и водно-солевой фаз во включениях меняется от 20:80 до 60:40. Нередко отмечается присутствие смеси CO<sub>2</sub> с низкокипящими газами (CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>). По данным КР-анализа состав газовой фазы включений представлен углекислотой (41,24...97,56 мол. %), метаном (0...58,76 мол. %) и азотом, который отмечен в нескольких включениях (до 9 моль. %). Существенно газовые включения на 90...100,0 % представлены газовым пузырьком, среди них есть углекислотные и метановые включения с небольшим содержанием азота. Количество CO<sub>2</sub> изменяется в интервале 0...50,63 мол. %, CH<sub>4</sub> — 28,24...100,0 мол. %, N<sub>2</sub> — 0...2,83 мол. %. Температура гомогенизации углекислотно-водных включений с преобладающим количеством жидкой фазы изменяется в интервале 390...205 °С. Соленость растворов повышенная и составляет 10...21 мас. экв. % NaCl. По температурам эвтектики —(36...28) °С установлено, что в составе растворов присутствуют Mg и Na. В кварце III<sub>а</sub> отмечено присутствие включений, содержащих водный раствор, газовый пузырек и кубические кристаллики галита. Они отнесены к псевдотеричным включениям.

В ассоциации с кварцем III<sub>а</sub> отмечается более поздний светло-серый кварц III<sub>б</sub>, имеющий мелкозернистое строение и отличающийся меньшим количеством включений. В нем зафиксированы в основном углекислотно-водные включения. По данным КР-анализа они состоят преимущественно из CO<sub>2</sub> с подчиненным количеством CH<sub>4</sub> (до 15 мол. %). Температура гомогенизации и концентрация солей укладывается в интервал 390...205 °С и 10...21 мас. экв. % NaCl соответственно. По включениям рассчитано давление минералообразующего флюида, которое составило 140...200 МПа.

Хлорит III развит в кварцевых жилах в форме чешуек насыщенно-зеленого цвета и соответствует железистой разновидности — брунсвигиту. Ранним сульфидом, как и во втором комплексе, является пирит III, встречающийся редко и образующий кристаллические агрегаты в кварце III. Для него характерно разнообразие морфологических форм кристаллов и смешанный тип проводимости с изменяю-

щимися значениями [6]. По данным атомно-эмиссионного анализа в пирите III отмечено повышенное содержание Co и Ni (Co — 150,0...205,0 г/т; Ni — 370,7...514,6 г/т). Электронный тип проводимости, у пирита III, дает основание полагать, что Co и Ni входят в кристаллическую решетку минерала. Подтверждением этого служит пониженная микротвердость (до 14,0 кН) в сравнении с пиритом I и II [7]. Далее образуется арсенопирит II в виде кристаллических скоплений или крупных выделений кристаллов короткопризматического габитуса в кварцевых жилах и прожилках с характерной каткластической структурой. Присутствие Co и Ni в виде изоморфных примесей обуславливает электронный тип проводимости [7]. Микротвердость минерала изменяется в пределах 0,93...0,98 кН [8], что отличает арсенопирит I от II. В ассоциации с сульфидом обнаружено золото II с более низкой пробностью (874,0...907,15 ‰) в сравнении с золотом I, и также содержащее примесь Ag. Анкерит III заполняет пустоты в кварцевых жилах, образуя крупные гнездовые выделения.

Четвертый минеральный комплекс пространственно совмещен с третьим. Основными минералами являются кварц IV, галенит, сфалерит II, пирротин III, халькопирит III, золото III и карбонат IV. Кварц IV, в отличие от предыдущих генераций светло-серый, прозрачный, сливной. Характеризуется волнистым погасанием, имеет массивное однородное сложение и содержит значительное количество первичных флюидных включений. Сингенетичные включения представлены углекислотно-водными и существенно газовыми образованиями. Углекислотно-водные включения состоят из водно-солевого раствора и жидкой углекислоты. Соотношение углекислотной и водно-солевой фаз во включениях меняется от 20:80 до 60:40. Отмечается постоянное присутствие смеси CO<sub>2</sub> с низкокипящими газами (CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>). По данным КР-анализа состав газовой фазы включений представлен углекислотой (50,87...80,42 мол. %) и метаном (19,58...49,13 мол. %). Существенно газовые включения на 90...100,0 % представлены газовым пузырьком. Количество CO<sub>2</sub> изменяется в интервале 0...95,24 мол. %, CH<sub>4</sub> — 4,76...100,0 мол. %, N<sub>2</sub> — 0...24,37 мол. %. Температура гомогенизации углекислотно-водных включений с преобладающим количеством жидкой фазы изменяется в интервале 210...110 °С. Соленость растворов при этом средняя и составляет 8...16,5 мас. экв. % NaCl. По температурам эвтектики —(38...34) °С установлено, что в составе растворов присутствуют Mg и Na. По включениям оценен параметр давления, который составил 60...150 МПа.

В ассоциации с кварцем IV встречается галенит в виде гнездовых обособлений, размером до 2 см. Для него характерна примесь Ag — 0,2...0,37 вес. % и Bi — 0,28...0,68 вес. %. Сфалерит II, как и галенит, отмечается в виде гнезд размером до 2 см и образовался, вероятно, чуть раньше последнего. В качестве изоморфных примесей в нем диагностирова-



**Таблица.** Схема последовательности минералообразования в месторождении Чертово Корыто

Минералы	Минеральные комплексы руд				
	Пирит-рутил-пирротиновый	Арсенопирит-пирротин-кварцевый	Арсенопирит-пирит-кварцевый	Галенит-халькопирит-сфалеритовый	Кварц-карбонатный
Кварц	I	II	IIIa,б	IV	V
Хлорит	I	II	III		
Серицит					
Альбит					
Эпидот	I				
Анкерит	I	II	III	IV	V
Ильменит					
Рутил					
Апатит					
Пирит	I	II	III		
Арсенопирит		I	II		
Пирротин	I	II		III	
Халькопирит				II	
Сфалерит				III	
Галенит				II	
Золото		I	II	III	
Ульманит					

ны Fe — 6,92...7,23 вес. % и Cd — 2,99...3,26 вес. %. В виде механической примеси с сульфидами связано самородное золото III. Оно наиболее низкопробное на месторождении (786,0...790,3 ‰). Пирротин III образует обособленные от других сульфидов гнездовые выделения. В качестве примесей в нем диагностированы Cu (0,03 %) и Ni (0,02...0,11 %), содержание которых значительно ниже, чем в пирротине I и II генераций. В ассоциации с пирротинном присутствует халькопирит III, развитый по его периферийной части. Анкерит IV заполняет пустоты в кварцевых жилах и часто ассоциируется с галенитом и пирротинном III.

Рудообразование завершается кристаллизацией кварц-карбонатного минерального комплекса, представленного маломощными прожилками, секущими ранние образования. В кварце и карбонатах развиты сингенетичные существенно водные включения, представленные однофазовыми водными, либо двухфазовыми образованиями. Соотношение жидкости и газа, представленного водяным паром, меняется от 20:80 до 60:40. Концентрация солей не высокая и составляет 4,5...9 мас. экв. % NaCl. Включения гомогенизируются в жидкую фазу при температурах 80...130 °C. Предполагается наличие давления не превышающего 40...50 МПа [8].

#### Обсуждение результатов и выводы

Полученные результаты согласуются с данными по Ирокиндинскому и Берикольскому место-

рождениям, локализованным в кристаллическом субстрате и Сухоложскому месторождению, залегающему в черносланцевой толще.

Руды месторождений сложены пятью минеральными комплексами с некоторой вариацией видового состава минералов. В рамках каждого комплекса отмечено последовательное отложение кварца, сульфидов, а затем карбонатов. По результатам изучения газово-жидких включений, установлено возрастание (до 50...100 °C) температур отложения ранних зарождений кварца каждого последующего минерального комплекса относительно температур отложения поздних зарождений кварца предшествующего ему комплекса (рис. 2). Все это свойственно процессу образования месторождения в случае притока перед отложением каждого нового минерального комплекса свежей порции раствора. Представление о порционном (пульсационном) режиме поступления гидротермальных, в том числе металлоносных растворов в блоки рудообразования сланцевого и несланцевого субстрата доказывается присутствием внутрирудных даек — флюидопроводников [3, 10]. Они секут ранние минеральные комплексы и пересекаются поздними с признаком воздействия одних на другие, что свидетельствует о чередовании расплавов и растворов во время рудообразования. Каждая пульсация соответствует временному интервалу, называемому стадией минералообразования в рамках которой формируется минеральный комплекс.

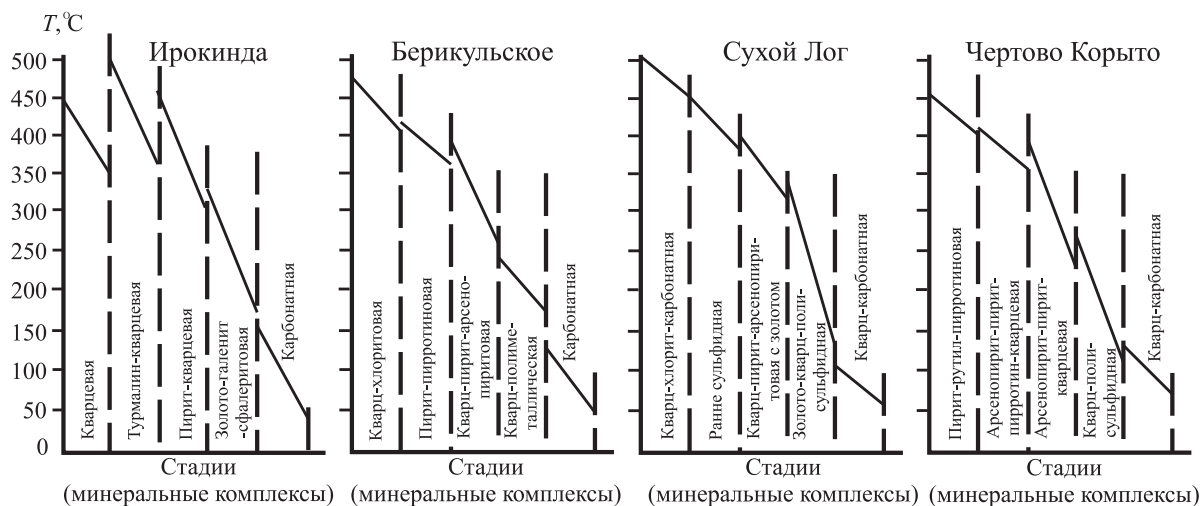


Рис. 2. Температурные режимы минералообразования в золоторудных месторождениях

Ирокиндинское месторождение образовалось в интервале температур 450...45 °С. На ранних стадиях кристаллизация осуществлялась из хлоридных газовой-водных растворов (40...45 мас. экв. % NaCl). Формирование продуктивного минерального комплекса происходило из углекислотно-водных растворов с отделением CO<sub>2</sub>. На завершающей стадии существовали слабоконцентрированные водные растворы [10]. Давление в рудообразующей системе изменялось в интервале 50...280 МПа.

Руды Бериккульского месторождения сформировались в интервале температур 400...50 °С. Продуктивный — кварц-полиметаллический комплекс кристаллизовался при температурах 230...170 °С. Соленость растворов при рудообразовании менялась от 10 до 30 мас. экв. % NaCl (от ранней стадии к поздней). В составе отмечены хлориды, Са, Mg, Na. Активное участие принимали газовые фазы (CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>) в различных соотношениях [11].

Руды Сухоложского месторождения формируются при температурах >450...50 °С. Кристаллизация продуктивных стадий происходила из углекислотно-водных растворов, нередко содержащих метан. Соленость растворов изменялась в интервале 18,1...3,7 мас. экв. % NaCl. На ранних и поздних стадиях функционировали слабосоленые растворы, а на продуктивных — с повышенной соленостью. В составе растворенных солей преобладали хлориды Na, Mg, K. Давление минералообразую-

щего флюида при формировании высокотемпературного раннего комплекса укладывается в интервал 120...250 МПа, для поздних комплексов характерно более низкое давление — до 150 МПа [10, 2].

Аналогичные факты установлены и в других образцованных в черносланцевом и кристаллическом субстрате мезотермальных золотых месторождениях Северного Забайкалья (Каралонском, Кедровском, и др.), Енисейского района (Советском Олимпиадинском и др.), Западного Узбекистана (Мурунтау) [10, 12, 8].

Приведенные факты служат доказательством принадлежности рассматриваемого месторождения к группе мезотермальных и вещественно-генетической однородности золоторудных месторождений, локализованных в сланцевом и кристаллическом субстрате.

Автор выражает благодарность сотрудникам Института геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, А.А. Томиленко, Н.А. Гибшер, А.А. Боровикову, С.З. Смирнову, а также преподавателям ТПУ И.В. Кучеренко, Р.Ю. Гаврилову за просмотр рукописи и сделанные замечания, устранение которых способствовало улучшению работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы». Гос. контракт № П238 от 23.04.2010.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буряк В.А. Состояние и основные нерешенные вопросы теории метаморфогенного рудообразования // Региональный метаморфизм и метаморфогенное рудообразование / под ред. Я.Н. Белевцева. — Киев: Наукова думка, 1984. — С. 43–50.
- Лавров Н.П., Прокофьев В.Ю., Дистлер В.В., Юдовская М.А., Спиридонов А.М., Гребенщикова В.И., Матиль Н.Л. Новые данные об условиях рудоотложения и составе рудообразующих флюидов золото-платинового месторождения Сухой Лог // Геохимия. — 2000. — Т. 371. — № 1. — С. 88–92.
- Кучеренко И.В. Концепция мезотермального рудообразования в золоторудных районах складчатых сооружений Южной Сибири // Известия Томского политехнического университета. — 2001. — Т. 304. — № 1. — С. 182–197.
- Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верхолин А.В. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 2. Месторождение Чертово Корыто (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314. — № 1. — С. 23–38.

5. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верховин А.В. Петролого-геохимические черты рудовмещающего метасоматического ореола золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 1. — С. 11–20.
6. Вагина Е.А., Рудмин М.А. Кристалломорфология и термоэлектрические свойства пирита и арсенопирита золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317. — № 1. — С. 66–73.
7. Вагина Е.А. Влияние микропримесей на микротвердость арсенопирита и пирита золоторудного месторождения Чертово Корято (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. — 2011. — Т. 319. — № 1. — С. 47–52.
8. Прокофьев В.Ю. Геохимические особенности рудообразующих флюидов гидротермальных месторождений золота различных генетических типов. — Новосибирск: Наука, 2000. — 192 с.
9. Cathelineau M. Cations site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature // Clay minerals. — 1988. — V. 23. — № 4. — P. 471–485.
10. Кучеренко И.В. Магматогенное золотое оруденение в структурах допалеозойской складчатости (на примере южного обрамления Сибирской платформы): дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Т. 1. — Томск, 1991. — 243 с.
11. Рослякова Н.В., Цимбалист В.Г., Шугурова Н.А. Состав рудообразующих растворов Беркульского золоторудного месторождения // Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока / под ред. В.Г. Моисеенко. — Новосибирск: Наука, 1976. — С. 64–71.
12. Томиленко А.А., Гибшер Н.А. Особенности состава флюида в рудных и безрудных зонах Советского кварц-золоторудного месторождения, Енисейский край (по данным изучения флюидных включений) // Геохимия. — 2001. — № 2. — С. 167–177.

Поступила 27.04.2012 г.

УДК 552.321.6:553.08

## РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИДАРСКОГО ДУНИТ-ГАРЦБУРГИТОВОГО КОМПЛЕКСА (СЕВЕРО-ЗАПАД ВОСТОЧНОГО САЯНА)

А.Н. Юричев, А.И. Чернышов

Томский государственный университет  
E-mail: juratur@sibmail.com

*Исследованы особенности рудной минерализации дунитов и гарцбургитов реститового идарского комплекса Канской глыбы, расположенной в северо-западной части Восточного Саяна. Показаны типоморфизм, минеральный и химический состав минералов. Полученные данные позволили установить эволюционную направленность изменения химического состава хромшпинелидов и ассоциирующих с ними сульфидов, которая определяется условиями их деплетирования в верхней мантии и последующими метаморфогенными преобразованиями при перемещении и консолидации в земной коре.*

### **Ключевые слова:**

*Реститы, дунит, гарцбургит, хромшпинелид, пирротин, пентландит.*

### **Key words:**

*Restite, dunite, harzburgite, chromospinelide, pyrrhotite, pentlandite.*

### **Введение**

Ультрамафиты и мафиты различной формационной принадлежности пользуются значительным распространением в пределах Канской глыбы Восточного Саяна. Они картируются в виде многочисленных массивов, чаще небольших размеров, и привлекают внимание многих исследователей в связи с потенциальной рудоносностью [1, 2]. Однако их формационная принадлежность и металлогеническая специализация часто оказываются дискуссионными и требуют дальнейшего изучения.

Объектом настоящего исследования являются мелкие линзовидные тела идарского реститового дунит-гарцбургитового комплекса, изученные нами в северо-западной части Канской глыбы.

В настоящей статье рассматривается эволюция вещественного состава хромшпинелидов и ассоциирующих с ними сульфидов в процессе формирования пород и их последующих метаморфических изменений.

### **Краткая геологическая характеристика исследуемого объекта**

Породы идарского ультрамафитового комплекса (AR<sub>2</sub>-PR<sub>1</sub>?) пользуются значительным распространением в Канской глыбе. Они представлены мелкими, часто линзовидными телами [3], которые являются реститовыми образованиями и были выведены в верхние этажи литосферы по эшелонированным глубинным надвигам, обрамляющим с юго-запада Сибирскую платформу [4].

Породы комплекса представлены метаморфическими ультрамафитами дунит-гарцбургитовой ассоциации, которые характерны для нижней части офиолитовых комплексов [5]. Отличительной особенностью пород этой ассоциации является наличие в них гранобластовых и порфирокластовых структур, свойственных для метаморфических пород [6]. Часто дуниты и гарцбургиты серпентинизированы и представлены хризотилowymi, хризо-